

Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés

Egyszerű és valószínűségi tanulási jelenségek

(Állatpszichológiai kísérletek számítógépes szimulációja.)

Farkas András

1. Bevezetés

Az angolszász pszichológiai irodalomban jelentős helyet foglal el az ún. matematikai pszichológia, amely többek között az érzékelés, tanulás, viselkedés jelenségeinek matematikai modellezésével foglalkozik.

A matematikai pszichológia amerikai iskolája, - amelynek kiemelkedő alakjai Bush, Mosteller, Luce, Estes, Galanter, Atkinson és Suppes - az 50-es évek elején indult jelentős fejlődésnek. A kutatási tematika differenciálódásával a matematikai pszichológia több speciális kutatási irányra vált szét.

Sajátos helyet foglal el közöttük a matematikai tanuláselmélet, melynek első összefoglalása Bush és Mosteller nevéhez fűződik (1). Az általuk kialakított metodika azóta is használatos különböző tanulási jelenségek vizsgálatánál.

A következőkben egyszerű T utvesztővel végzett tanulási kísérletek számítógépes szimulálásával foglalkozom, felhasználva az ún. Bush-Mosteller modellt, illetve annak egy általam módosított változatát.

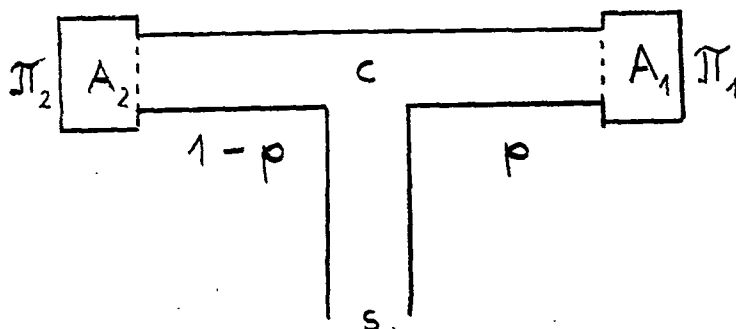
A T utvesztőben vizsgált tanulási jelenségek a következők:

- megszerzés és kioltás jelensége egyszerű és valószínűségi tanulás (probability learning) esetén
- tanulás és áttanulás (relearning)
- túltanulás (overlearning)
- latens tanulás.

A szimulációnál felhasznált adatokat Galanter és Bush (2) cikkéből vettem át. Az állatkísérleteket a Harvard-illetve a Pennsylvania Egyetemen folytatták le azonos állományból származó patkányokkal.

## 2. Az állatpszichológiai kísérletek

Az egyszerű T utvesztős kísérletek a következőképpen zajlanak le:



1. ábra

Az egyszerű T utvesztő sematikus rajza

A kiéheztetett patkányokat az  $s$  pontból indítják. Az állat a  $c$  választási ponthoz érve vagy az  $A_1$  vagy az  $A_2$  ételdoboz felé halad tovább, amelybe bejutva egy csapóajtó bezárul mögötte, meggátolva a visszatérést. Amennyiben az ételdobozban található élelem, akkor az állat azt elfogyaszthatja. Ezt követően a patkányt visszahelyezik a ketrecébe. A szimulációhoz felhasznált adatoknál a fenti kísérletet naponta háromszor ismételték. (A kísérleti körülmények részletes ismertetésétől itt eltekintünk.)

A vizsgált tanulási jelenségek ezen kísérleti feltételek között röviden a következőképp definiálhatók.

Megszerzés: a tanulási folyamatnak azon része, amelyben az állat először kerülve egy adott kísérleti szituációba elsajátítja a számára biológiai hasznot jelentő viselkedést.

Kioltás: a megelőző kísérleti fázisban megtanult viselkedés megszüntetése a biológiai haszon megvonásával.

Áttanulás: a megelőző kísérleti fázisban megtanult viselkedés átállítása az élelem áthelyezésével.

Túltanulás: valamely viselkedésnek a "megtanuláshoz" szükséges mértéken felüli gyakoroltatása. (A "megtanulást" sokféleképpen szokták definiálni, jelentheti például azt, hogy az állatnak egymás után meghatározott számú kísérletben biológiai hasznót eredményezően kell viselkednie.)

Latens tanulás: a megszerzést megelőzően a kísérleti szituáció részbeni elsajátítása anélkül, hogy az biológiai hasznót eredményezne az állat számára, (jelen esetben a térbeli összefüggések elsajátítása élelem behelyezése nélkül.) A latens ismeret akkor válik láthatóvá, ha a neki megfelelő viselkedés biológiai haszonnal kapcsolódik össze.

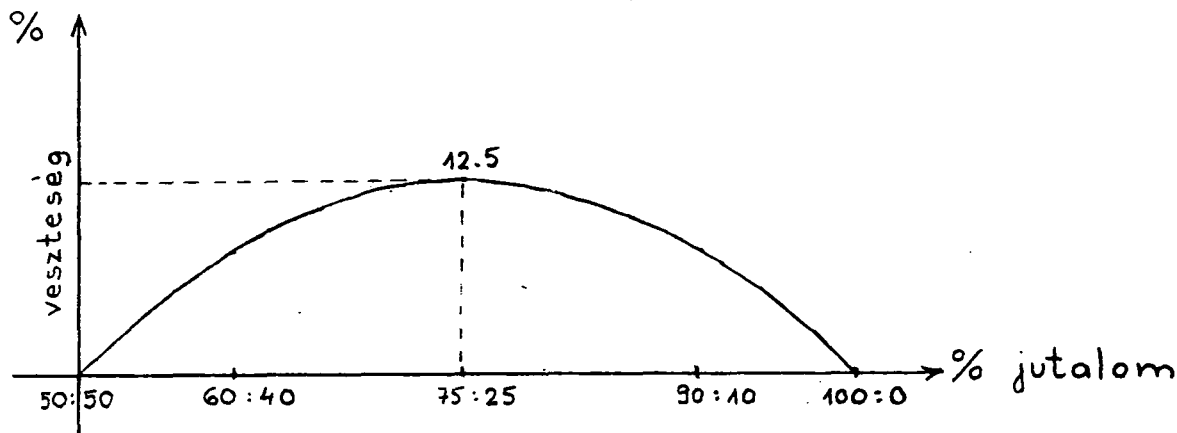
Egyszerű tanulásnál az egy kísérleti fázishoz tartozó összes kísérletnél az egyes ételdobozokban vagy állandóan van, vagy állandóan nincs jutalom.

Valószínűségi tanulásnál az egy kísérleti fázishoz tartozó kísérleteknél legalább az egyik ételdobozban  $p$  valószínűséggel található jutalom, ahol  $p \neq 0$  és  $p \neq 1$ .

A valószínűségi tanulási kísérleteket Brunswik Egon (3) magyar származású pszichológus vezette be 1939-ben. Többek között olyan egyszerű T utvesztős kísérleteket végzett, amelyeknél az egyik ételdobozban a patkány 75 %-os valószínűséggel, a másikkban 25 %-os valószínűséggel talált jutalmat.

Nyilvánvaló, hogy a legjobb stratégia állandóan a nagyobb valószínűségű jutalommal rendelkező oldalt választani, a kísérletek tanulmányai szerint azonban a patkány ezt az oldalt csak 75 % körüli valószínűséggel választotta. Hasonló volt a helyzet más komplementer valószínűségű jutalmak esetén is. Az esélyvesztést a 2. ábra mutatja.

Ez a jelenség készítette arra Estes-t, hogy a valószínűségi tanulási kísérleteket "az okatlan patkány esete"-ként aposztrofálja (4).



2. ábra

Az "oktalan patkány" esélyvesztése

A kifejezés nem teljesen indokolt, mert mint Edwards (5) kimutatta, megfelelő kísérleti körülmények között az embereken végzett kísérletek is hasonló eredményre vezetnek még igen nagy-számu egyszerű alternatívára adandó válasz esetén is.

### 3. A Bush-Mosteller modell egy változata

A Bush-Mosteller modell egyszerű T utvesztőkre alkalmazott változata egy szimmetrikus négy operátoros lineáris modell (1).

#### Jelölések:

$A_1$  és  $A_2$  : a választható alternatívák (jelenleg ételdobozok)

$O_1$  és  $O_2$  : a választás kimenetele (az állat hozzájutott a jutalomhoz vagy nem)

$E_{ij}$  : a kísérlet folyamán lejátszódható események

| Esemény  | Alternativa | Jutalom | Magyarázat                     |
|----------|-------------|---------|--------------------------------|
| $E_{11}$ | $A_1$       | $O_1$   | jobbra fordult + van jutalom   |
| $E_{12}$ | $A_1$       | $O_2$   | jobbra fordult + nincs jutalom |
| $E_{21}$ | $A_2$       | $O_1$   | balra fordult + van jutalom    |
| $E_{22}$ | $A_2$       | $O_2$   | balra fordult + nincs jutalom  |

- $p$  : annak a valószínűsége, hogy valamely kísérletben a patkány a jobboldalt választja
- $p_i$  : annak a valószínűsége, hogy az  $i$ -dik kísérletnél a patkány a jobboldalt választja
- $P_{ij}$  : az  $E_{ij}$  esemény bekövetkezésének valószínűsége
- $\pi_1$  : annak a valószínűsége, hogy a jobboldali ételdobozban van jutalom
- $\pi_2$  : annak a valószínűsége, hogy a baloldali ételdobozban van jutalom
- $\alpha_1$  : a jutalmazási paraméter
- $\alpha_2$  : a nem-jutalmazási paraméter (non-reward parameter)

A tanulási folyamatban valamely  $E_{ij}$  esemény bekövetkezése megváltoztatja  $p$  választási valószínűség értékét. A változás mértékét a  $Q_{ij}$  operátor adja meg:

| Operátorok                              | Eseményvalószínűségek         |
|---|-------------------------------|
| $Q_{11}p = \alpha_1 p + (1 - \alpha_1)$ | $P_{11} = p\pi_1$             |
| $Q_{12}p = \alpha_2 p$                  | $P_{12} = p(1 - \pi_1)$       |
| $Q_{21}p = \alpha_1 p$                  | $P_{21} = (1 - p)\pi_2$       |
| $Q_{22}p = \alpha_2 p + (1 - \alpha_2)$ | $P_{22} = (1 - p)(1 - \pi_2)$ |

A választási valószínűség változását leíró tanulási görbe a kezdeti választási valószínűségből a következő rekurziós formulával számítható:

$$p_{n+1} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 P_{ij} (Q_{ij} p_n) \quad n = 1, 2, \dots$$

Az egyes tanulási jelenségek modellezésénél a szimmetrikus négy operátoros lineáris modell következő speciális eseteit fogjuk megkülönböztetni:

- a váltakozó operátoros változat:

$\pi_1 = 1$  és  $\pi_2 = 0$  illetve  $\pi_1 = 0$  és  $\pi_2 = 1$  esetén adódik,

- az egy alfás változat

$\pi_1 = 0$  és  $\pi_2 = 0$  illetve  $\pi_1 = 1$  és  $\pi_2 = 1$  esetén adódik

- az egység alfa változat

$\alpha_2 = 1$  esetén adódik

- az egyenlő alfa változat

$\alpha_1 = \alpha_2$  esetén adódik

#### 4. A Bush-Mosteller modell alkalmazási lehetőségei és korlátai

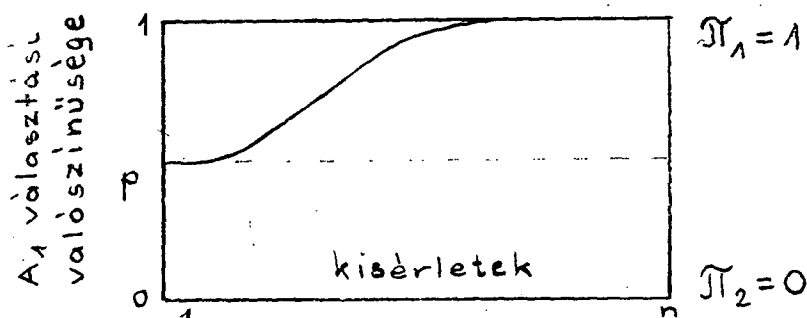
A következőkben ismertetem a Bush-Mosteller modell szimmetrikus négy operátoros változatának használatát a különböző T utvesztős tanulási jelenségek szimulálásánál és felhívom a figyelmet a modell alkalmazhatóságának hatáira.

A különböző nemlineáris sztochasztikus tanulási modellek (6) esetleg tágabb alkalmazási lehetőséget nyújtanának, ezzel szemben lényegesen nehezebben kezelhetők, különösen a paraméterek becslése problematikus, ezért döntöttünk kiindulópontként a Bush-Mosteller modell mellett.

#### Megszerzés

A megszerzés folyamatának modellezésénél mindjárt egy nehézségre kell rámutatnunk.

Az egyszerű tanulási folyamathoz tartozó megszerzési jelenség leírására az alapmodell nem alkalmas. Bár a szerzők korábban (1) az egyenlő alfa-változat használatát javasolták erre az esetre, később Bush beismerte (2), hogy nem számítottak az un. kezdeti jelenségre, amit a modelljük nem tud kezelni.



3. ábra

A megszerzés egyszerű tanulás esetén

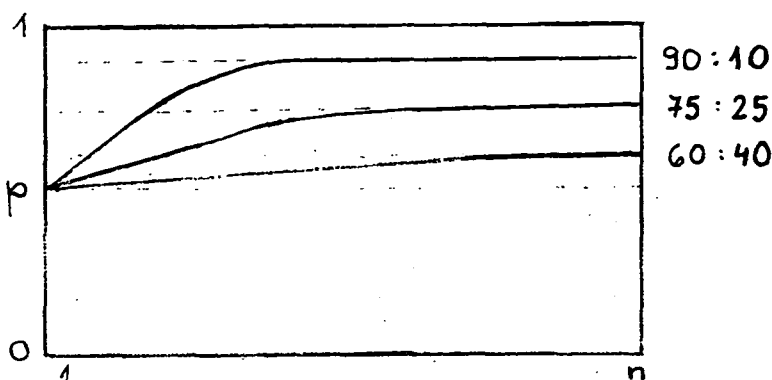
A valószínűségi tanulás esetén a kezdeti jelenség nem olyan szembeütnő, tekintettel arra, hogy a megszerzési folyamat lényegesen lassabb és igen nagy szórású. Az un. "ostoba patkány esete" típusú kísérleteknél az egyenlő alfa változat használata kielégítő. Használatára a változat egy speciális tulajdonsága ad módot, mégpedig az, hogy a tanulási középgörbe  $n$  növelésével asszimptotikusan közeledik a

$$V_{1,\infty} = \frac{1 - \pi_2}{2 - \pi_1 - \pi_2} \quad \text{értékhez.}$$

A 4. ábra néhány olyan megszerzési folyamat középgörbéjét mutatja, amelynél a jutalmak valószínűségei komplementer valószínűségek:

$$\pi_2 = 1 - \pi_1$$

Olyankor  $V_{1,\infty} = \pi_1$ , ami megfelel a kísérleti tapasztalatoknak.



4. ábra

### A megszerzés folyamata

Az egyenlő alfa változat esetén az alapegyenleteink a következő alakra egyszerűsödnek:

$$\begin{aligned} Q_1 p &= \alpha p + (1 - \alpha) & P_1 &= \pi_1 \\ Q_2 p &= \alpha p & P_2 &= 1 - \pi_1 \end{aligned}$$

A nem komplementer valószínűségű jutalmak esetén az egyenlő alfa változat nem használható, mert például az 50 : 0 típusú megszerzési folyamatnál  $V_1, \infty = 0,67$  adódna, ami ellentmond a kísérleti tapasztalatnak.  $\pi_2 = 0$ ,  $\pi_1 < 1$  esetén az egység alfa változat használható, ilyenkor alapegyenleteink a következő alakot öltik:

$$\begin{aligned} Q_1 p &= \alpha p + (1 - \alpha) & P_1 &= p \pi_1 \\ Q_2 p &= p & P_2 &= 1 - p \pi_1 \end{aligned}$$

### Kioltás

Kioltás folyamatáról  $\pi_1 = 0$  és  $\pi_2 = 0$  esetén beszélünk. Olyankor az egy alfás változatra redukálódnak alapegyenleteink:



$$Q_1 p = \alpha p$$

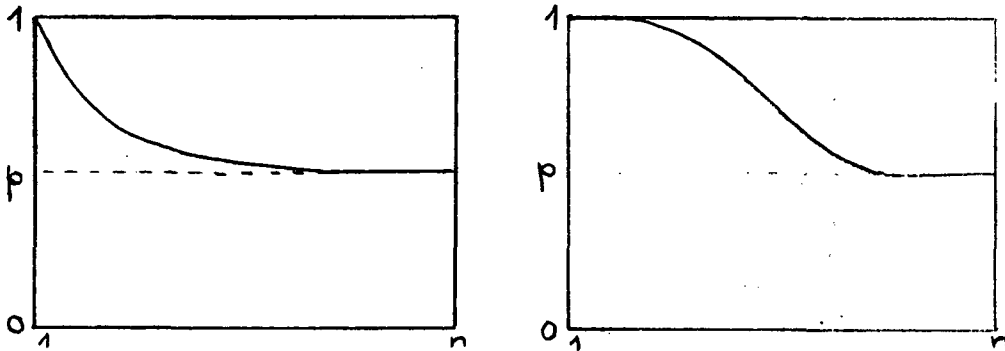
$$P_1 = p$$

$$Q_2 p = \alpha p + (1 - \alpha)$$

$$P_2 = 1 - p$$

Nyilvánvaló, hogy  $\alpha < 1$ , mert  $\alpha = 1$  esetén  $p$  nem mozdulna el a  $p_1 = 1$  kezdőértékről.

A modellt a kísérleti adatokkal összevetve megállapíthatjuk, hogy egyszerű tanulást követő kioltás esetén a modell kielégítően leírja a kioltás folyamatát. Ugyanez nem mondható el a valószínűségi tanulást követő kioltásnál, ugyanis ilyenkor a kioltás folyamata viszonylag lassan indul meg és csak később gyorsul fel, hogy aztán az 50 %-os valószínűséghez közeledve ismét lelassuljon.



5. ábra

Kioltás egyszerű és valószínűségi tanulás után

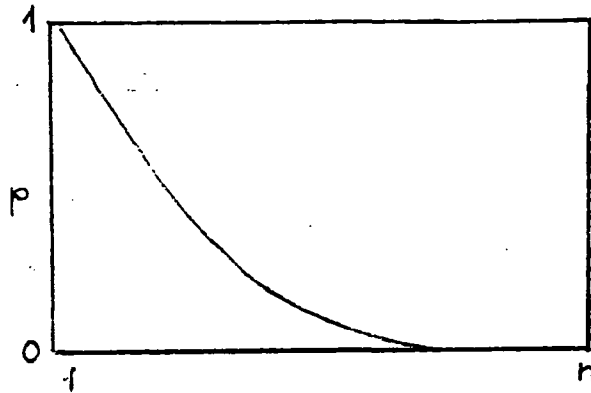
### Áttanulás

Az áttanulási folyamat azt jelenti, hogy valamely  $\pi_1, \pi_2$  értékről áttérünk másik  $\pi_1, \pi_2$  értékre, feltéve, hogy  $\pi_1, \pi_2$  új értéke egyidejűleg nem nulla.

Az áttanulási jelenséget itt csak egyszerű tanulási folyamat esetén vizsgáljuk.

Az áttanulás ilyenkor azt jelenti, hogy a jutalmat az egyik oldalról a másikra helyezzük át. Például ha  $\pi_1 = 1$  és  $\pi_2 = 0$  volt, akkor az új jutalomvalószínűségek  $\pi_1 = 0$  és  $\pi_2 = 1$  lesznek.

Az áttanulás a 6. ábra szerint megy végbe.



6. ábra

Áttanulás egyszerű tanulás  
esetén

Áttanulásnál a modell váltakozó operátor változatát használjuk:

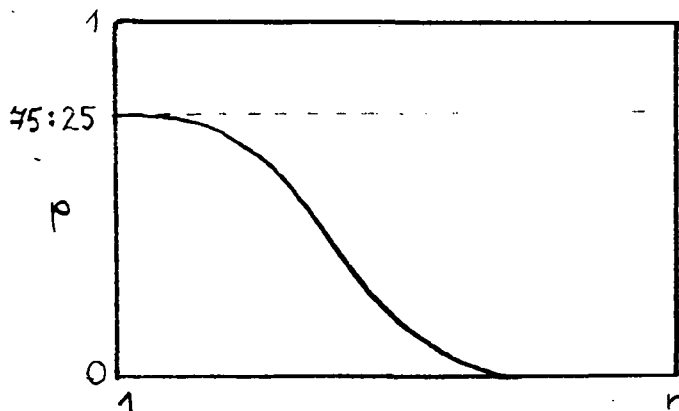
$$Q_1 p = \alpha_1 p$$

$$P_1 = 1 - p$$

$$Q_2 p = \alpha_2 p$$

$$P_2 = p$$

A modell az "ostoba patkány esete" típusu tanulás utáni áttanulásnál nem alkalmazható. Az áttanulás ilyenkor a 7. ábra szerint megy végbe.



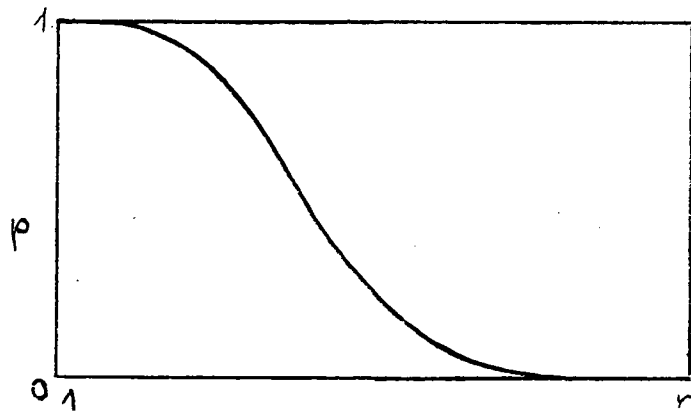
7. ábra

75:25 típusu tanulást követő áttanulás

### Tultanulás

A tultanulás leírására a megszerzés, illetve az áttanulás folyamatát leíró modellek alkalmasak. A tultanulást követő kioltási folyamat leírására azonban már nem alkalmas a kioltás taglalásakor ismertetett modell. A probléma ugyanolyan jellegű, mint a valószínűségi tanulást követő kioltásnál.

A tultanulást követő áttanulásnál az áttanulás leírására javasolt váltakozó operátor modell kielégítően használható. A különbség  $\alpha_2$  paraméter nagyságban mutatkozik meg, itt 1-hez közeli értéke vesz fel, de nem éri el azt. A tultanulás utáni áttanulást a 8. ábra mutatja.



8. ábra

Tultanulást követő áttanulás

### Latens tanulás

Latens tanulás esetén a megszerzés folyamatát megelőzően  $p_1 = 0.5$  kezdeti valószínűség és  $\pi_1 = \pi_2 = 0$  jutalomvalószínűségek mellett végeznek kísérleteket a patkányokkal.

A latens tanulás leírására a következő egyoperátoros modell alkalmas:

$$Q_1 p = p$$

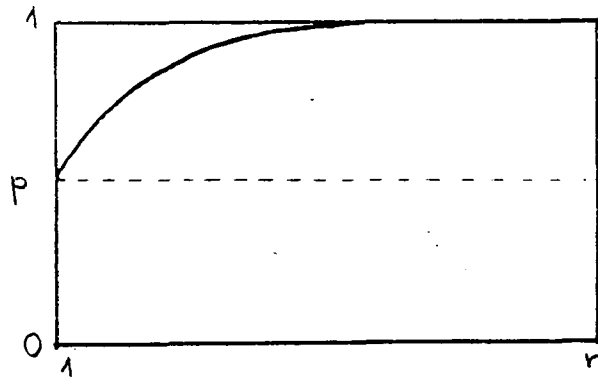
$$P_1 = 1 .$$

A latens tanulás hatása az előtanulást követő megszerzés folyamatánál jelentkezik, ami abban nyilvánul meg, hogy egyszerű tanulás esetén a megszerzést a váltakozó operátor modell kielégítően leírja:

$$Q_1 p = \alpha_1 p + (1 - \alpha_1) \quad P_1 = p$$

$$Q_2 p = \alpha_2 p + (1 - \alpha_2) \quad P_2 = 1 - p$$

Az előtanulási szakaszt követő megszerzési folyamat a 9. ábrán látható.



9. ábra

A megszerzési folyamat latens tanulás esetén

#### 5. A Bush-Mosteller modell módosítása

Az előzőekben felhívtuk a figyelmet a Bush-Mosteller modell alkalmazásának korlátaira. A következőkben a modell igen egyszerű módosításával elérjük, hogy alkalmassá váljon a megszerzés leírása egyszerű tanulás esetén.

A módosítást a kísérleti adatok elemzése után a következő megfontolások alapján végeztük:

- gyorsan meginduló tanulási folyamatok az egyszerű tanulást követő áttanulás és kioltás, valamint a megszerzés latens tanulás esetén
- lassan meginduló tanulási folyamatok a megszerzés egyszerű és valószínűségi tanulás esetén, illetve az áttanulás és kioltás tultanulás és valószínűségi tanulás után.

A modell kellőképpen leírja a gyorsan meginduló tanulási folyamatokat, valamint a tultanulást követő áttanulási folyamatot. El kell érni, hogy a modell a többi lassan meginduló tanulási folyamat esetén is alkalmazható legyen. A tultanulást követő áttanulásnál felhasznált váltakozó operátor modellt transzformáljuk az egyszerű megszerzési folyamatra:

legyen  $R$  operátor a következő:

$$Rp = \frac{p - p_1}{1 - p_1}$$

Az  $R^*$  inverz operátor ennek megfelelően:

$$R^*p = p(1 - p_1) + p_1$$

A választási valószínűség meghatározására szolgáló rekurziós formula a megszerzési folyamatra a Bush-Mosteller modellben a következő volt:

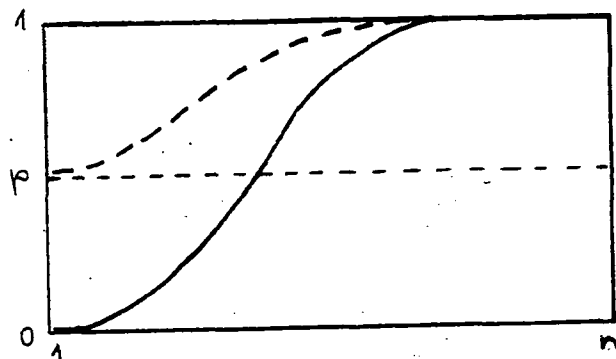
$$p_{n+1} = \sum_{i=1}^2 P_{ii}(p_n) \cdot Q_{ii} p_n$$

(Mint tudjuk, ez kielégítő eredményt adott a megszerzésnél latens tanulás esetén.)

A módosított modellben a rekurziós formula a következő alakú lesz:

$$p_{n+1} = R^* \sum_{i=1}^2 P_{ii}(Rp_n) \cdot Q_{ii} Rp_n$$

Ez szemléletesen a következő transzformációt jelenti:



10. ábra

A módosított modell alkalmazása megszerzésnél

A 10. ábrán a folytonos vonal az alapfüggvényt, a szaggott vonal a megszerzési folyamatot jelenti.

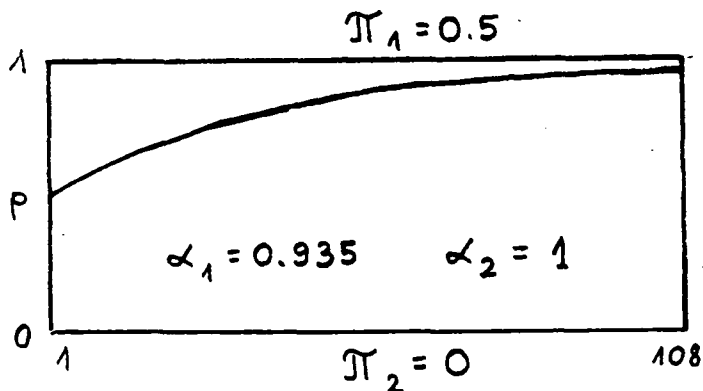
A módosított modell az  $\alpha$  paraméterek megfelelő választásával alkalmas a latens tanulást követő gyors megszerzési folyamat leírására is.

Hasonló módosításokkal elérhető, hogy a többi lassan megin-  
duló tanulási folyamat is kielégítően leírható legyen a modellel.

#### 6. Állatpszichológiai kísérletek szimulációja

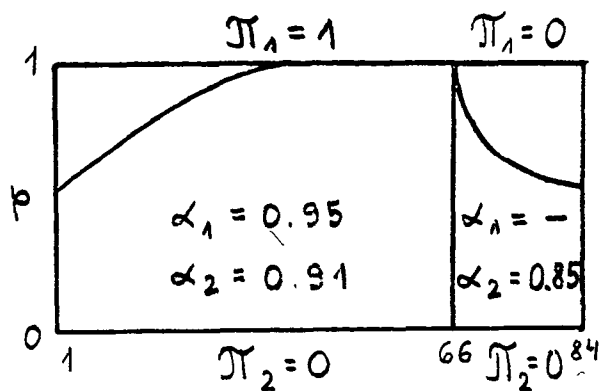
A szimulációhoz a Galanter és Bush (2) által közölt kísérleti  
adatokat használtam fel.

A kísérletek részletes leírásától és a számítások eredményeinek  
teljes dokumentálásától terjedelmi okok miatt el kell tekintenem, csu-  
pán arra van lehetőségem, hogy ábrán mutassam be a kísérleteket, és  
csak néhány részkísérletre vonatkozó eredményemet mellékeljem.



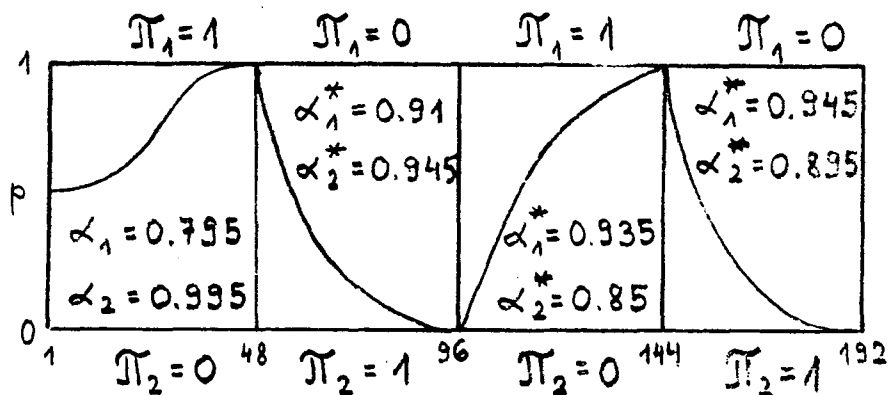
11. ábra

1. kísérlet : megszerzés 50 : 0 típusú valószínűségi tanulásnál



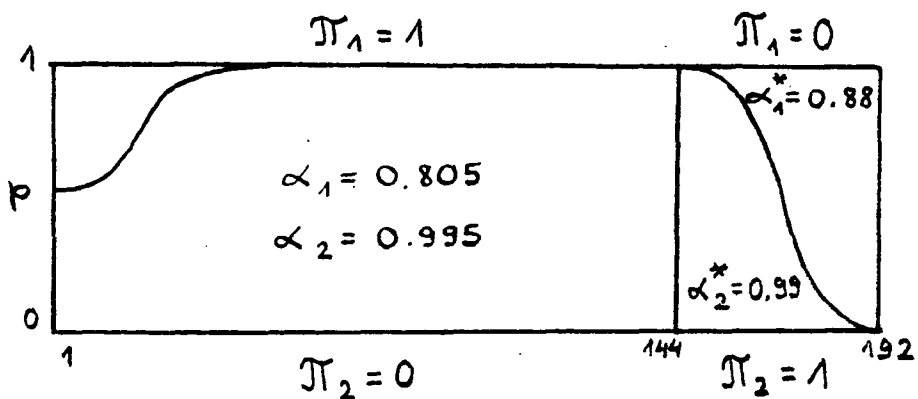
12. ábra

II. kísérlet: megszerzés és kioltás egyszerű tanulásnál



13. ábra

III. kísérlet: megszerzés és többszörös áttanulás



14. ábra

IV. kísérlet: tultanulás és áttanulás

A  $\alpha$ -gal jelzett értékeket a Galanter-Bush cikkből vettem át.

A továbbiakban az általam meghatározott  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  paraméterek értékéről kívánok néhány megjegyzést tenni.

Feltűnő a III. és IV. kísérlet 1. fázisához tartozó  $\alpha$  értékek hasonlósága. (Itt jegyzem meg, hogy a III. kísérletet a Harvard Egyetemen, a IV. kísérletet a Pennsylvánia Egyetemen folytatták le.)

A II. kísérlet 1. fázisában nem a módosított modellt használtam, hanem a váltakozó operátor változatot, minthogy az is kielégítő eredményre vezetett. Az un. előtanulási szakasz elmaradásának oka a kísérleti körülményekben keresendő. Feltehetőleg hosszabb latens tanulás jellegű előtréninget végeztek az állatokkal.

A III. kísérlet 1. fázisára vonatkozóan a modell több változatát is kipróbáltam. Az eredmények a módosított modell helyességét igazolták. A váltakozó operátor modellre vonatkozóan azért nem közöltem adatot, mert az  $\alpha_2$  értékét 1 felé közelítve a tanulási görbe egyre javul, a modell akkor írja le a tanulási folyamatot legjobban, amikor egybe esik az egység alfa modellel.

| modell       | $\alpha_1$ | $\alpha_2$ | Hiba 1 | Hiba 2 |
|--------------|------------|------------|--------|--------|
| módosított   | 0,795      | 0,995      | 0,0544 | 0,0112 |
| egyenlő alfa | 0,955      | 0,955      | 0,0988 | 0,0172 |
| egység alfa  | 0,935      | 1,000      | 0,0880 | 0,0155 |

$$\text{Hiba 1} = \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{p}_i - p_i|}{n}$$

$$\text{Hiba 2} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{p}_i - p_i)^2}{n}^{\frac{1}{2}}$$



- $n$  : a kísérleti fázishoz tartozó futtatások száma
- $p_i$  : a kísérleti adatokból számolt átlagos választási valószínűség az  $i$ -dik futtatáskor
- $\hat{p}_i$  : a szimulált választási valószínűség az  $i$ -dik futtatáskor.

Az  $\alpha_1$  és  $\alpha_2$  értékek meghatározásakor optimumnak a Hiba 2 minimumánál adódó  $\alpha$  értékeket tekintettem.

A mellékletben megtalálhatók az I. kísérlet, valamint a III. kísérlet első két fázisának adat és eredménytáblái.

A tanulási görbéknél alkalmazott jelölések:

- $X$  : kísérleti adatokból számolt választási valószínűség
- $x$  : szimulált választási valószínűség
- $0$  : jutalom helye

#### 7. Néhány észrevétel a szimulációk kapcsán

A szimulációk folyamán gyorsan és lassan meginduló tanulási folyamatokkal találkoztunk.

A tanulás sebességét alapvetően két dolog határozza meg, az hogy az illető tanulási fázist megelőzően mit sajátított el az állat, és hogy ezekből mi változott meg.

A tanulási folyamatban az állatnak el kell sajátítania:

1. azt az összefüggést, hogy a kísérleti berendezésben való közlekedés rendszeresen élelemszerzéshez vehet,
2. azt, hogy a meghatározott irányba való kanyarodás és az élelemhez jutás között összefüggés van,
3. a kísérleti berendezés elrendezését, a térbeli összefüggéseket.

A megszerzési folyamatban mindhárom összefüggést el kell sajátítani.

Latens tanulás esetén a megszerzést megelőzően az állat megismeri a térbeli összefüggéseket, ezért a megszerzési folyamat felgyorsul.

Az egyszerű tanulást követő áttanulás esetén a 2. összefüggés változik meg, az új helyzetnek megfelelő viselkedés elsajátítása a kísérletek tanulsága szerint igen gyorsan megtörténik.

A túltanulást követő áttanulás lényegesen lassabban megy végbe, ennek oka a 2. összefüggés erőssége, ami az élelmet tartalmazó oldal igen sokszori választása miatt alakult ki, valamint az, hogy a túltanulás folyamán a másik oldallal való próbálkozás hosszabb ideig elmaradt, így felbomlik az elsajátított térbeli összefüggés.

A valószínűségi tanulást követő áttanulásnál két tényező lassítja a folyamatot. Mivel az állat hozzászokott, hogy nem minden próbálkozása jár biológiai sikerrel, ezért például a jutalom elmaradása számára eleinte nem jelenti a szituáció megváltozását. A másik tényező azzal az erőfeszítéssel van összefüggésben, amelyet a biológiailag hasznos jelentő viselkedés elsajátítása érdekében ki kellett fejteni. Például 50 : 0 típusú megszerzés esetén annak elsajátítása, hogy jobbra kell fordulni, nagyobb erőfeszítést igényel az állattól, mint az egyszerű megszerzés esetén. Ezért ez az ismeret jobban megerősödik, nehezebb kioltani.

#### 8. Fejlesztési irány

Az itt közölt eredmények egy hosszabb kutatássorozat első rész-eredményeinek tekintendők.

A kutatási cél az egyes patkány viselkedését leíró olyan komplex modell kialakítása, amelynek paraméterei konkrét pszichológiai tényezőkkel vannak közvetlen összefüggésben, és amellyel dinamikus leírható a patkányoknak az egyszerű T utvesztőben való tanulási viselkedése.

I. KISEKLETI ADATAI

1-100 MEGSZERZÉSI SZÁM-OS JÖRÖLMVÁLTALATI JUTALOM

|    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 16 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 17 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 22 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 24 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

AVAN JUTALOM  
UTJÖRÖLMVÁLTALATI  
JUTALOM

(EUGENE ALFA VALTZAT)

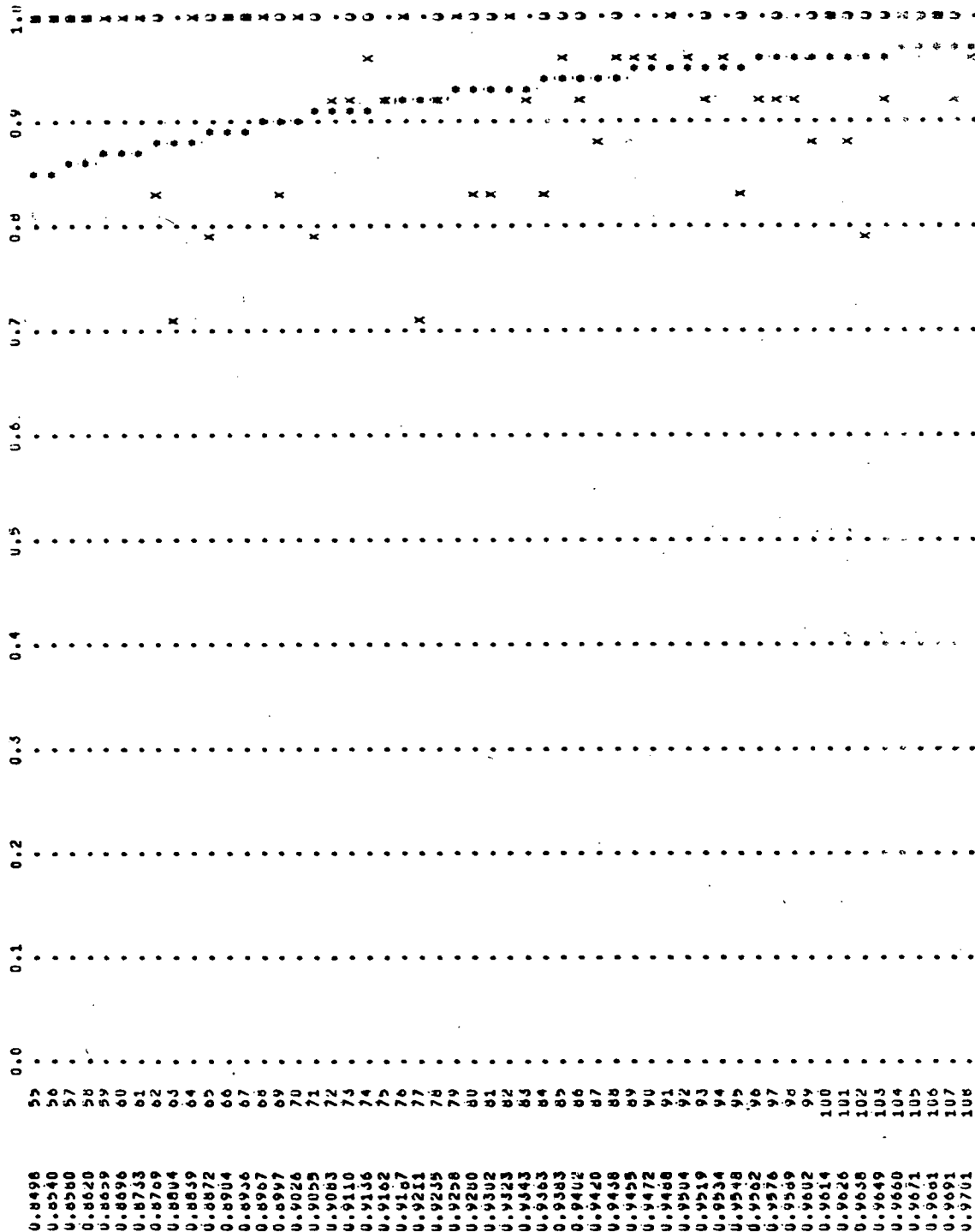
| P      | KISENLEY | ALFA 1 | ALFA 2 | PI 1   | PI 2   | MIRA 1 | MIRA 2 |
|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.5000 | 1        | 0.0    | 0.0    | 0.0000 | 0.5000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.5001 | 2        | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.5102 | 3        | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.5204 | 4        | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.5325 | 5        | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.5406 | 6        | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.5486 | 7        | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.5567 | 8        | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.5647 | 9        | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.5727 | 10       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.5806 | 11       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.5886 | 12       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.5964 | 13       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.6042 | 14       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.6120 | 15       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.6197 | 16       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.6274 | 17       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.6350 | 18       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.6425 | 19       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.6500 | 20       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.6574 | 21       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.6647 | 22       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.6719 | 23       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.6791 | 24       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.6862 | 25       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.6932 | 26       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7001 | 27       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7069 | 28       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7137 | 29       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7203 | 30       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7269 | 31       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7333 | 32       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7397 | 33       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7459 | 34       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7521 | 35       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7581 | 36       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7641 | 37       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7700 | 38       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7757 | 39       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7814 | 40       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7869 | 41       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7924 | 42       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.7977 | 43       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.8030 | 44       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.8081 | 45       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.8131 | 46       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.8181 | 47       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.8229 | 48       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.8277 | 49       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.8323 | 50       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.8368 | 51       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.8413 | 52       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.8456 | 53       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 0.8498 | 54       | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |

SZIMMETRIKUS 4 OPERÁTORUS LINEÁRIS MODELL

(EGYSEG ALFA VÁLTOZAT)

P KISERLET ALFA 1 ALFA 2 PI 1 PI 2 HIBA 1 HIBA 2

0.9701 25-108 0.9350 1.0000 0.0000 0.5000 0.0717 0.0121



III. KISÉRLET ADATAI 1. RÉSZ

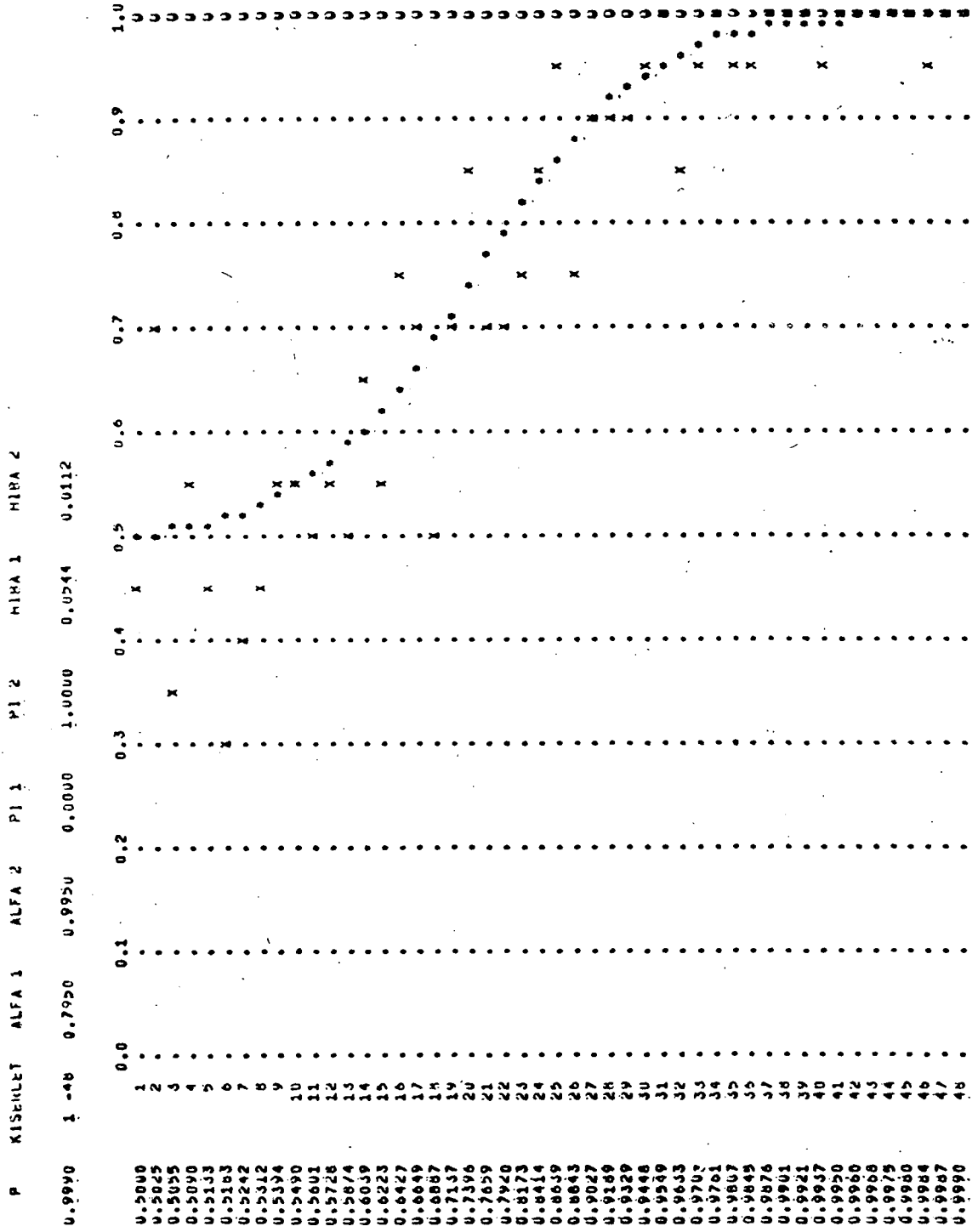
1-48 MEUSZKÉZÉST 100%-US JOBBOLDALI JUTALOM  
49-96 1. ÁTÁRULÁST 100%-US BALOLDALI JUTALOM

|    | 10     | 20     | 30     | 40     | 50     | 60     | 70     | 80     | 90     |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 3  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 4  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 5  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 6  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 7  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 8  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 9  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 10 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 11 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 12 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 13 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 14 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 15 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 16 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 17 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 18 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 19 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 20 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

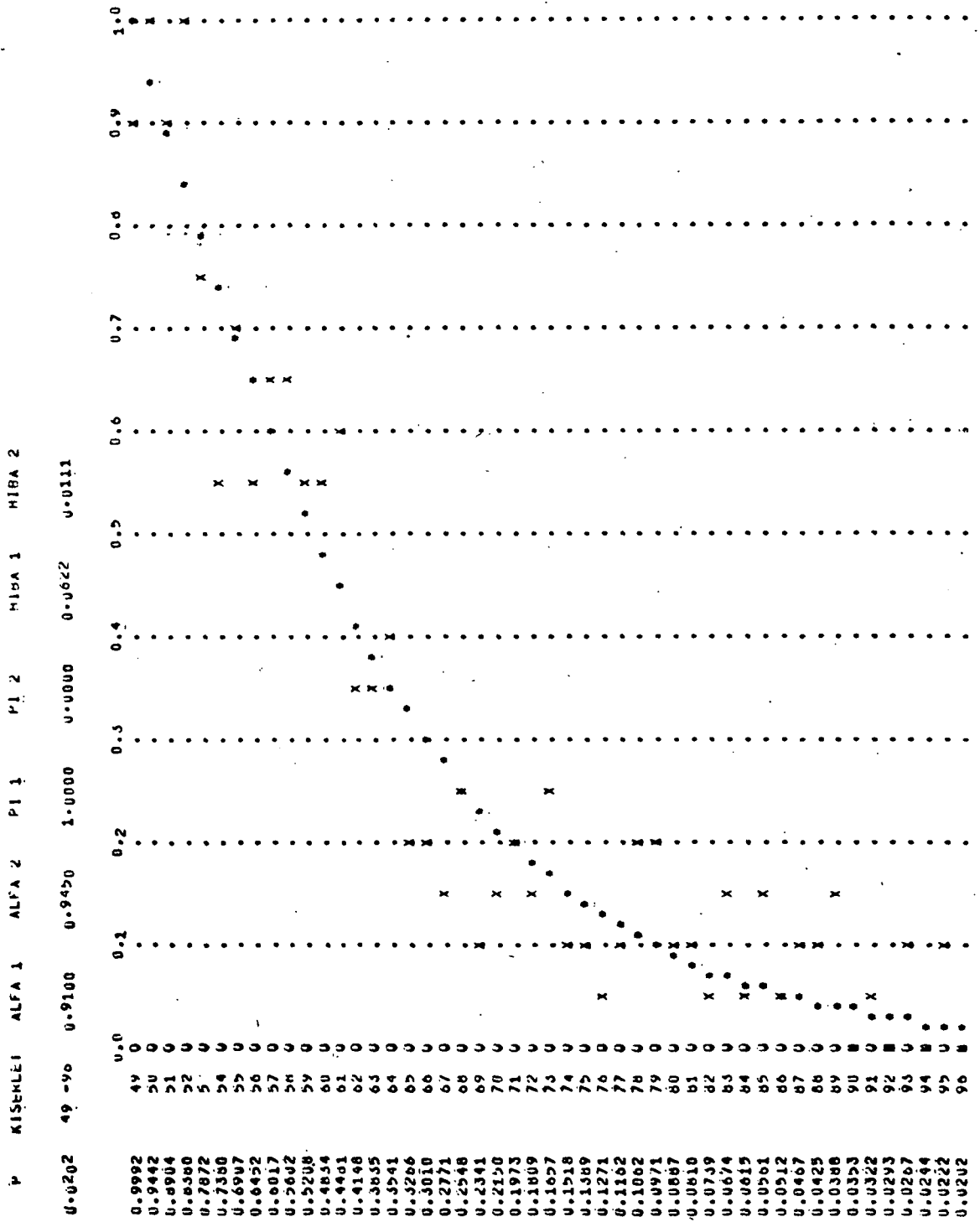
0=JÓBOLDALI  
1=BALOLDALI

SZIMMETRIKUS 4 OPERATORUS LINEARIS MODELL

(W<sub>0</sub>D<sub>0</sub>SI<sub>1</sub>Q<sub>1</sub> VALI<sub>0</sub>ZAI)



SZIMMETRIKUS 4 OPERÁTORÚS LINEÁRIS MODELL  
(VÁLTOZÓ OPERÁTORÚS VÁLTOZAT)





Irodalom

- (1) Bush, R. R., and Mosteller, F.: Stochastic models for learning. New York: Wiley, 1955.
- (2) Galanter, E. and Bush, R. R.: Some T-maze experiments. In Studies in mathematical learning theory, 1959.
- (3) Brunswik, E.: Probability as a determiner of rat behavior. Journal of Experimental Psychology, 25: 175-197. (1939)
- (4) Kardos, L., Mario Zanolini, Giorgio Poli: Lokomociós tanulás és téri orientáció II. Ekviterminális alternatív utak jelentősége a tanulásban. Magyar Pszichológiai Szemle, 26, 1969.
- (5) Edwards, W.: Probability learning in 1000 trials. J. exp. Psychol., 62: 385-394, 1961.
- (6) Handbook of mathematical psychology. Vol. II. 1963.
- (7) Tembrock, G.: Állatlélektan. Gondolat, 1966.
- (8) Marler, P., Hamilton, W.: Az állatok viselkedésének mechanizmusai. Mezőgazdasági Kiadó, 1975.
- (9) Thorpe: Learning and instinct in animals. 1963.
- (10) Farkas András: Az olfaktorikus apparátusra alapozott lokomóció modellje. (Állatpszichológiai kísérletek számítógépes szimulációja.) 7. NJSZT Kollokvium, Szeged, 1976.